

CHAPITRE VIII

DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

VIII.1. INTRODUCTION

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier. Il s'agit simultanément de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Afin d'assurer de bonnes caractéristiques mécaniques qui lui permettra de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

Tout cela en fonction de paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic.
- L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- Le sol support.

VIII.2. DEFINITION DE LA CHAUSSEE

- Au sens géométrique : la surface aménagée de la route sur laquelle circule les véhicules.
- Au sens structurel : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

VIII.3. DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEE

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

- **Chaussée souple** : est constituée de deux éléments constructifs :
 - Les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.
 - Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.
- **Chaussée rigide** : se compose d'une dalle de ciment portland fléchissant élastiquement sous les charges, reposant sur un sol compacté ou sur une mince fondation de pierre ou de gravier concassé, ou sur une fondation stabilisée.

- **Chaussée semi-rigide** : C'est un cas intermédiaire entre les chaussées souples et les chaussées rigides.
 - Le schéma ci-dessous (figure 1) représente les différents types de chaussées :

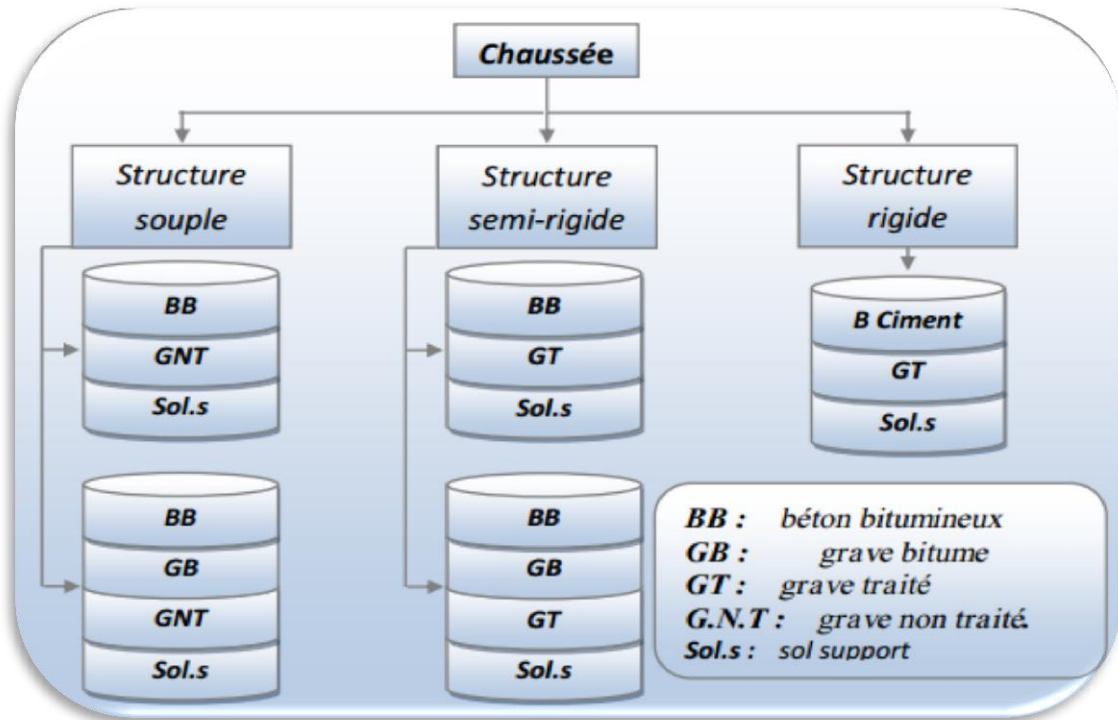


Figure VIII.1 : Schéma récapitulatif types de chaussée.

VIII.4. PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

On distingue deux familles des méthodes :

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio):
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Méthode du catalogue des structures.
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser Deux méthodes qui sont :

- La méthode de catalogue algérienne
- La méthode CBR

VIII.4.1 METHODE DE C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO)

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90 à 100%) de l'optimum Proctor modifié.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie, suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice CBR. L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100 + \sqrt{P} \left(75 + 50 \log \frac{N}{10} \right)}{I_{CBR} + 5}$$

Avec :

- e: épaisseur équivalente
- ICBR: indice CBR (sol support)
- N: désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon
- P: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)
- Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = \sum_{i=1}^n a_i \cdot e_i$$

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

Où:

- a₁, a₂, a₃ : coefficients d'équivalence de matériau par référence à un grave concassé.
- e₁, e₂, e₃ : épaisseurs réelles des couches.

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau VIII.1 : les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse et T.V. O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume GB	1.50

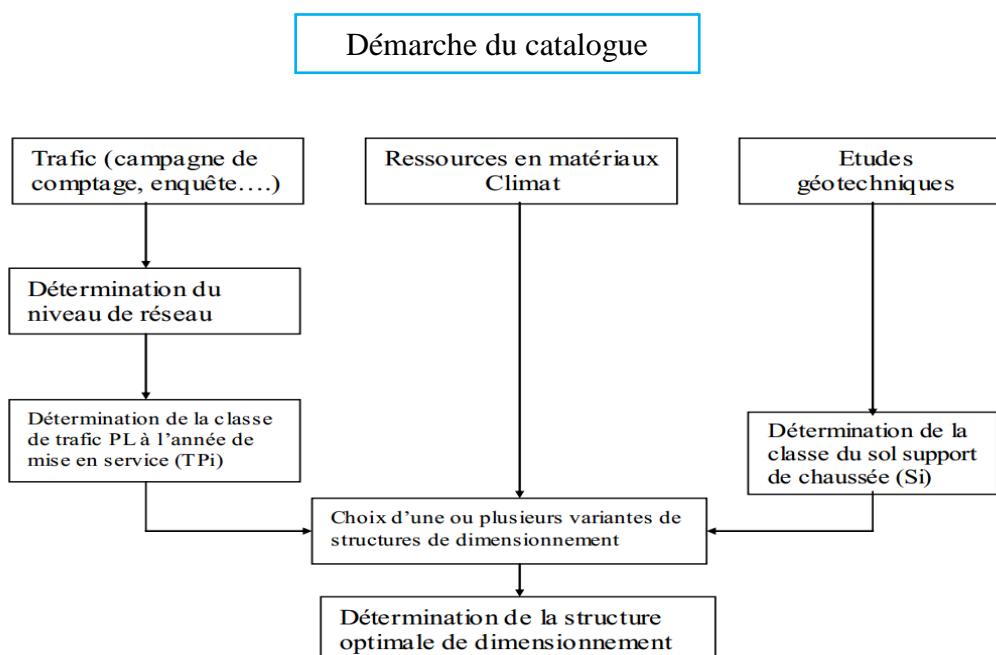
VIII.4.2 METHODE DU CATALOGUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES NEUVES

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.



VIII.5. APPLICATION AU PROJET

Les données mises à notre disposition sont :

- Trafic de l'année de comptage 2014, TJMA 2014 = 5884 v/j
- Année de mise en service : 2016, TJMA 2016 = 6365 v/j
- Le taux de croissance est de 4 %
- Pourcentage du poids lourd est Z=7 %

VIII.5.1 METHODE CBR

Données de l'étude :

- Année de mise en service : 2016 TJMA 2016=6365v/j.
- Année horizon 2036 : TJMA 2036=13947v/j.
- Pourcentage de poids l'ourds est Z=7 %.
- $N(PL) = 13947 \times 0.07 = 976 \text{ PL/j}$.
- $N(PL) = 488 \text{ PL/j/sens}$.
- $P = 6.5 \text{ t}$

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

- ICBR =

{	La section 01 : du PK 00+00 au PK 07+500	➡	ICBR = 10
	La section 02 : du PK07+500 au PK09+200	➡	ICBR = 5
	La section 03 : du PK09+200 jusqu'au la fin de projet	➡	ICBR = 3

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \cdot \log(\frac{488}{10}))}{ICBR+5} = \frac{506.445}{ICBR+5}$$

Le tableau suivant résume les Structures proposées et les épaisseurs de chaque couche pour chaque section :

VIII.5.2 Methode du catalogue des structures

Tableau VIII.2 : la répartition des épaisseur

	Section 01	Section 02	Section 03
	ICBR =3	ICBR =5	ICBR =10
Epaisseur équivalente (GC)	72	58	39
Roulement (BB)(Cm)	6	6	6
Base (GB) (Cm)	18	15	10
Fondation(GNT) (Cm)	30	20	12
Epaisseur réelle (Cm)	54	41	28

Les données de bases pour le dimensionnement de chaussée sont :

- Le trafic.
- La durée de vie.
- Les données climatiques.
- Le sol support de chaussée.
- Le risque de calcul considéré.
- Les caractéristiques des matériaux.
- **Les données climatiques:**

Le dimensionnement de corps de chaussée s'effectue avec une température consistante, c'est-à-dire température équivalente θ_{eq} , en tenant compte de cycle de variation de température de chaque année.

La température équivalente est généralement déterminée selon le zonage climatique du site D'après le « **catalogue de dimensionnement des chaussées neuves(2001CCTP)** », le site de projet est classé en zone **II**.

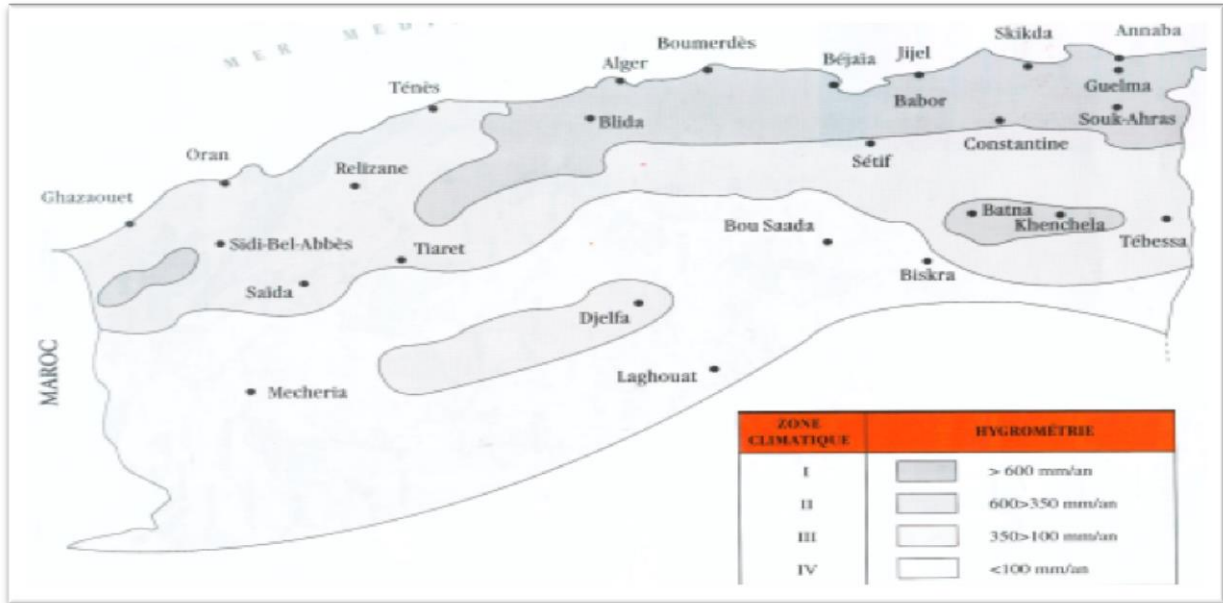


Figure VIII-2. Position de projet dans la carte climatique de l'Algérie (fascicule N° 1 (2001CTTP)).

Donc on prend une température équivalente égale à 20°C, comme montré dans le tableau suivant :

Tableau VIII.3 : Choix des températures équivalentes (fascicule N°2(CTTP2001)).

Zone climatique	I et II	III	IV
Température équivalente θ_{eq}	20°C	25°C	30°C

• Les données du trafic :

Détermination du type de réseaux principaux :

D'après le catalogue on a la classification suivante :

Tableau VIII.4 : Type de réseau.

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

L'année de mise en service 2016.

$TJMA_{2016} = 6365 \text{ v/j} > 1500 \text{ V/J} \Rightarrow$ **Donc** : le réseau principal est **RP1**.

Donc la durée de vie de projet c'est : **20 ans**

▪ **Détermination de la classe du trafic (TPLi) :**

Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

$TJMA_{2016} = 6365 \text{ v/j}$ (l'année de mise en service).

$TJMA_{2016} = 6365/2 = 3182.5 \text{ v/j/sens}$.

$TPL_{2016} = Z \times TJMA_{2016} = 0.07 \times 3182.5 = 222.7 \text{ PL/j/sens}$.

▪ **Repartition transversale du trafic:**

Nous avons une chaussée unidirectionnelle à 2 voies. D'après le catalogue algérien du dimensionnement La répartition du poids lourd est de **90%** sur la voie de droite la plus chargée.

Donc :

$TPL_{2016} = 222.7 \times 0.9 = 201$ (PL/j/sens/voie plus chargée).

Donc nous sommes dans un réseau principal de classe **C1**, un TPL « **entre 150 et 300** »

Donc : La classe de trafic est TPL3. Voir le tableau ci-dessous.

Tableau VIII.5 : Classe du trafic.

TPLi	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/j/sens	150-300	300-600	600-1500	1500-3000	3000-6000

▪ **Trafic cumulé équivalent (TCEi) :**

Il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la durée de vie considérée.

$$TCEi = TPLi \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \times A$$

- i : taux de croissance du trafic (0.04)
- A : coefficient d'agressivité de poids lourd par rapport à l'essieu de référence de 13 tonnes.
En fonction de réseau principal **R_{Pi}**.

D'après le tableau de catalogue algérien du dimensionnement des chaussées neuves

Le coefficient d'agressivité **A = 0,6** Donc :

$$TCE_i = 201 \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} \times 365 \times 0.6 = 3.11 \times 10^5 \text{ Essieux équivalents de 13T.}$$

- **Risque de calcul :**

Tableau VIII.6 : Risque adopté pour le réseau RP1

	Classe de trafic	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (R%)	GB/GB, GB/GNT	20	15	10	5	2

D'après le catalogue de dimensionnement algérien nous avons un risque de **20%**.

- **Détermination de la portance de sol-support de chaussée :**

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de S4 à S0. Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

Tableau VIII.7 : Présentation des classes de portance des sols.

Portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
CBR	<5	5-10	10-25	25-40	>40

Amélioration de la portance du sol support

Pour améliorer la portance d'un sol, on a recours aux couches de formes Le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandus en Algérie) pour la réalisation de la CF. Les résultats de ces recherches sont résumés dans tableau suivant :

Tableau VIII.8 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.

Classe de portance de sol terrassé (si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de CF	Classe de portance de sol support visée (sj)
<S4	Matériaux non traités	50cm(en 02 couches)	S3
S4	Matériaux non traités	35cm	S3
S4	Matériaux non traités	60cm (en 02 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	40cm (en 02 couches)	S2
S3	Matériaux non traités	70cm(en 02 couches)	S1

Dans notre cas :

On distingue la présence de trois sections différentes de sol support de chaussée, soit :

- **La section 01** : du PK 00+00 au PK 07+500, elle est caractérisée par une faible portance (CBR<5) - classé **S4**. Selon le catalogue de dimensionnement de corps de chaussée, cette section nécessite une amélioration par une Couche De Forme de 60cm en Tuf ou TVO (en 2 couches).
- **La section 02** : du PK07+500 au PK09+200 elle est caractérisée par une faible portance ($5 \leq \text{CBR} < 10$) donc on a classé **S3**., selon le catalogue de dimensionnement de corps de chaussée, cette section nécessite une amélioration par une Couche De Forme de 40cm en Tuf ou TVO (en 2 couches).
- **La section 03** : du PK09+200 jusqu'au la fin de projet, Elle est caractérisée par une bonne portance ne nécessitent pas une amélioration par une couche de forme.
 - ✓ La classe de portance visée avant la réalisation du corps de chaussée est **S2**.

Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (**RP1**), la zone climatique **II**, durée de vie de **20 ans**, taux d'accroissement moyen (**4%**), la portance du sol (**S2**) et une classe de trafic (**TPL3**). Avec toutes ces données, le catalogue Algérien (**fascicule N°3**) propose la structure suivante :

Tableau VIII.9 : Structures proposées par le catalogue Algérien.

	Structure1	Structure2
Couche de roulement	6 BB	6 BB
Couche de base	20 GB	11 GB
Couche de fondation	30 GNT	12 GB

On a choisi la deuxième structure : **6 BB + 11GB + 12GB**

Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support

Il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieurs aux valeurs admissibles calculées $\epsilon_{t,adm}$ et $\epsilon_{z,adm}$.

ϵ_t : étant la déformation de traction par flexion à la base des matériaux traités au bitume.

ϵ_z : (sol) étant la déformation verticale sur le sol support.

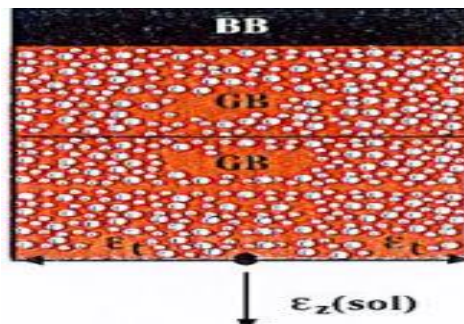


Figure VIII.3 : Mode de fonctionnement de la structure

- Calcul la déformation admissible (ϵ_z, adm) de sol support :

La valeur admissible est donnée par la relation empirique déduit à partir d'une étude statique de comportement des chaussées algériennes.

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (TCEi)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 22 \times 10^{-3} \times (4.67 \times 10^6)^{-0.235} = 5.95 \times 10^{-4} \text{ def.}$$

$$\epsilon_{z,adm} = 595 \times 10^{-6} \text{ def} = 595 \mu \text{ def}$$

▪ **Calcul de la déformation admissible de traction ϵ_t, adm :**

La valeur admissible de tractions est donnée par la relation suivante :

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6(10^\circ C, 25Hz) \times k_{ne} \times k_\theta \times k_r \times k_c$$

- $\epsilon_6(10^\circ c, 25Hz)$: déformation limite correspondant à 10^6 cycles. (Essai de fatigue à $10^\circ C$ et $25Hz$). (Pour une grave bitume $\epsilon_6=100. 10^{-6}$)
- K_θ : facteur lié à la température.
- K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supportés par la chaussée.
- K_r : facteur lié au risque et aux dispersions.
- K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée ($k_c=1.3$).

Avec:

$$K_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \quad K_r = 10^{-tb\delta} \quad k_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}}$$

➤ b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).

➤ $E(10^\circ c)$: module complexe du matériau bitumineux à $10^\circ C$.

➤ $E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée .

➤ δ La dispersion:

➤ SN : dispersion sur la loi de fatigue.

➤ Sh : dispersion sur les épaisseurs.

➤ c : coefficient égal à 0.02.

➤ t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté ($r \%$).

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{C}{b} Sh\right)^2}$$

VIII.6. APPLICATION NUMERIQUE

$$(-1/b) = 6.84 \rightarrow b = -0.146 \implies K_{ne} = \left(\frac{4.67 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0.146} = 0.798$$

$$\left. \begin{array}{l} E(10^\circ C, 10Hz) = 12500 \text{ MPA} \\ E(20^\circ C, 10Hz) = 7000 \text{ MPA} \end{array} \right\} k_\theta = \sqrt{\left(\frac{12500}{7000}\right)} = 1.34$$

$$\left. \begin{array}{l} t = fct(r\%) = fct(10\%) = -1.282 \\ \delta = \sqrt{0.45^2 + \left(\frac{0.02}{-0.146} \times 3\right)^2} = 0,609 \end{array} \right\} k_r = 10^{-(-1.282)(-0.146)(0.609)} = 0.77$$

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 (10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) k_{ne} k_r k_c k_\theta = 100 \times 10^{-6} \times 0.798 \times 0.77 \times 1.3 \times 1.34 = 107 \times 10^{-6}$$

Tableau VIII.10 : Caractéristique des matériaux

Couches	Type de matériaux	Epaisseur final retenu en (cm)	Module (MPa)	ν
C1 (CR)	BB	6	4000	0.35
C2 (CB)	GB	11	7000	0.35
C3 (CF)	GB	12	7000	0.35
Sol support			50	0.35

$$\epsilon_{t,adm} = 107 \times 10^{-6} def = 107 \mu def$$

Vérification des résultats de calcul par Alize III :

Caractéristique des couches :

Toutes les couches sont collées.

Résultat obtenue par programme Alize lpcp :

STRUCTURE 6BB 11GB 12GB							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	4000.0	0.350	0.000	58.4	0.436	6.6	0.658
			0.060	30.4	0.347	55.9	0.606
0.110	7000.0	0.350	0.060	30.4	0.590	15.5	0.606
			0.170	-21.1	-0.102	41.0	0.235
0.120	7000.0	0.350	0.170	-21.1	-0.102	41.0	0.235
			0.290	-95.9	-0.933	87.8	0.019
infini	50.0	0.350	0.290	-95.9	0.003	324.9	0.019

Donc la structure **6BB + 11GB + 12GB** est vérifiée, car :

$$\epsilon_{t,cal} = 95.9 \mu def < \epsilon_{t,adm} = 107 \mu def.$$

$$\epsilon_{z,cal} = 324.9 \mu def < \epsilon_{z,adm} = 595 \mu def.$$

Mais comme La structure donnée par le catalogue est surdimensionnée et pour des raisons d'économie, on a essayé de chercher une structure de même type avec une réduction d'épaisseur :

6BB+10GB+12GB.

Résultat obtenue par programme Alize lpc :

STRUCTURE 6BB 10GB 12GB							
épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	4000.0 collé	0.350	0.000	62.4	0.464	1.6	0.658
			0.060	31.9	0.361	53.6	0.604
0.100	7000.0 collé	0.350	0.060	31.9	0.613	13.3	0.604
			0.160	-19.6	-0.077	41.6	0.257
0.120	7000.0 collé	0.350	0.160	-19.6	-0.077	41.6	0.257
			0.280	-101.4	-0.982	92.8	0.020
infini	50.0	0.350	0.280	-101.4	0.004	344.3	0.020

On a :

$$\varepsilon_{t,cal} = 101.4 \mu def < \varepsilon_{t,adm} = 107 \mu def.$$

$$\varepsilon_{z,cal} = 344.3 \mu def < \varepsilon_{z,adm} = 595 \mu def.$$

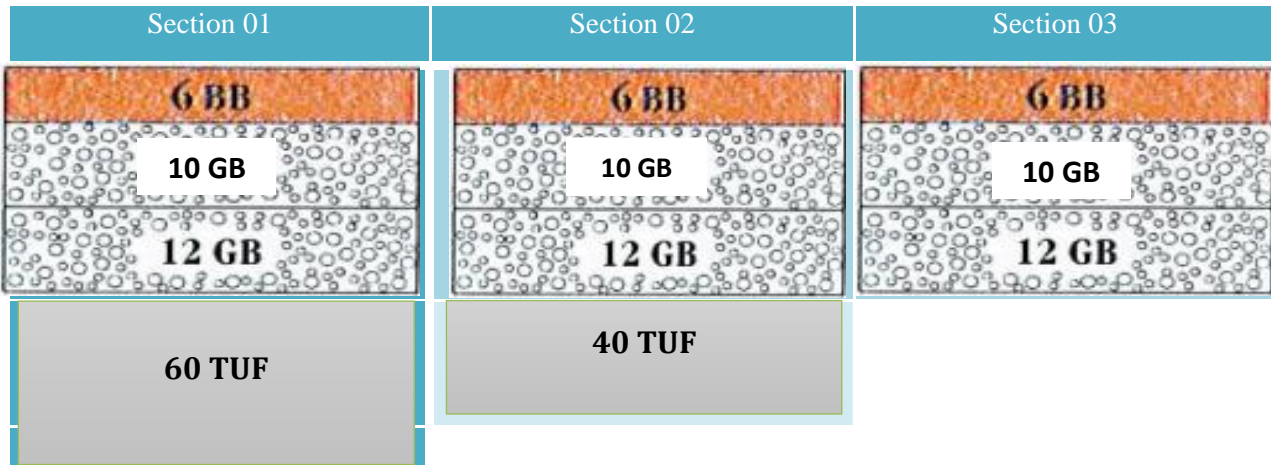
Donc la structure **6BB + 10GB + 12GB** est vérifiée

VIII.7. CONCLUSION :

Malgré que méthode CBR donne le corps de chaussée le plus économique mais la méthode retenue pour notre projet est celle de catalogue Algérien, pour les raisons suivantes :

- Elle se base sur les performances des matériaux.
- Elle se base sur les déformations admissibles.
- Elle tient en compte la fatigue des matériaux.
- En plus de ça cette méthode est une méthode algérienne établie et conçu par le CTPP et valide par le ministère des travaux publics.

Donc la structure retenue est :



Avec une couche d'accrochage entre la couche de roulement en BB et la couche de base en GB, et une couche d'imprégnation entre la couche de fondation en GB et la couche de forme en TUF.